



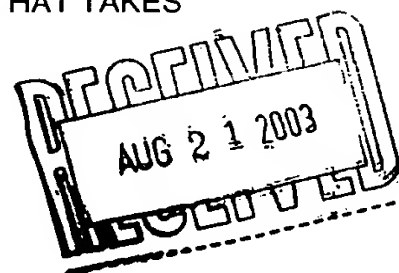
2633

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT UNDER 37 CFR 1.55(a)

APPLICANT: Bierhoff, et al. DOCKET NO: P00,1768 #6
SERIAL NO.: 09/679,700 ART UNIT: 2633
FILED: October 5, 2000 EXAMINER: Fahmy, Sherif
CONF. NO. 8923
TITLE: SIMULATION OF ELECTRO-OPTICAL CONNECTIONS THAT TAKES
SPATIAL DIRECTION INTO CONSIDERATION

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450



SIR:

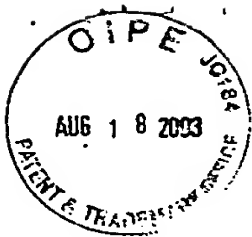
Please enter in the record of the file of the above-identified application the attached Certified Copy of German Patent Application 199 48 378.7 of 7 October 1999, which was referred to in the Declaration of the above-identified application.

Applicant hereby claims the benefit of the filing date of 7 October 1999, which is the filing date of the attached German Application, in accordance with the provisions of 37 CFR 1.55 and 35 USC 119.

Submitted by,

Mark Bergner (Reg. No. 45,877)
Mark Bergner
SCHIFF HARDIN & WAITE
PATENT DEPARTMENT
6600 Sears Tower
Chicago, Illinois 60606-6473
(312) 258-5779
Attorney for Applicant(s)
CUSTOMER NUMBER 26574

RECEIVED
AUG 20 2003
Technology Center 2600



CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class mail in an envelope addressed to:
Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 on
August 15, 2003.

Mark Bergner
Mark Bergner - Attorney for Applicants

RECEIVED
AUG 20 2003
Technology Center 2600

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**



Bescheinigung

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung
unter der Bezeichnung



„Raumrichtung-berücksichtigende Simulation elektro-
optischer Verbindungen“

am 7. Oktober 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole
G 06 F und H 04 B der Internationalen Patentklassifikation erhalten.



München, den 10. Dezember 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Agurks



Aktenzeichen: 199 48 378.7

Raumrichtung-berücksichtigende Simulation elektro-optischer Verbindungen

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Methode zur Bestimmung des
5 Übertragungsverhaltens von elektro-optischen Verbindungen,
insbesondere von Verbindungen im Innern von Geräten.

Stand der Technik

In dem Artikel "Verhaltensbeschreibung für die Modellierung
opto-elektronischer Systeme" von J. Becker, J. Haase und P.
10 Schwarz, S.83-92 des Tagungsbandes des GMM-ITG-GI Workshop
"Multi-Nature Systems" am 11.02.1999 in Jena, wird darge-
stellt, daß eine Modellierung von elektro-optischen Über-
tragungsstrecken durch die für elektrische Netzwerke be-
kannten Netzwerk-Simulatoren erfolgen kann. Dabei wird ein
15 einfaches Modell bevorzugt, bei dem die gesamte, an einem
Ausgang eines elektro-optischen Wandlers erzeugte bzw. emp-
fangene Strahlungsleistung durch einen einzigen Knoten des
Modells simuliert wird. In dem Bericht wird auf S.86 unten
auch ein nicht veröffentlichter Vorschlag erwähnt, bei dem
20 mehrere Anschlüsse auf der optischen Seite vorgesehen sind,
mit denen verschiedene optische Wellenlängen getrennt mo-
delliert werden. Diese Variante ist für Wellenlängenmulti-
plex-Verfahren von Interesse, die im Bereich der Telekommu-
nikation eingesetzt werden.

25 Für die Modellierung von Übertragungseigenschaften von op-
tischen multimode-Wellenleitern ist insbesondere der Arti-

kel von Th. Bierhoff et.al., "An Approach to Model Wave Propagation in Highly Multimodal Optical Waveguides with Rough Surfaces", Proc. X. Int.Symp. on Theoret. Electr. Eng., Magdeburg 1999, pp. 515-520, zu nennen.

- 5 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dem der Übergang in und aus dem optischen Wellenleiter simuliert werden und ein komplexes Modell des optischen Wellenleiters bzw. der gesamten optischen Übertragungsstrecke eingesetzt werden kann.

10 Darstellung der Erfindung

Die Erfindung verwendet die Erkenntnis, daß eine Aufteilung der Strahlung in jeweils vorbestimmte räumliche Richtungen eine wesentliche Verbesserung des Modells bezüglich des Senders und Empfängers bedeutet. Hinzugenommen wird das
15 verbesserte Modell der optischen Übertragungsstrecke, welches nicht mehr einen einfachen Übertragungs-Vierpol (in Form gekoppelter Zweipole), sondern einen Vielpol mit einer Übertragungsmatrix darstellt. Die folgende Beschreibung zeigt an Hand eines Beispiels, wie Modellparameter bestimmt
20 werden.

Es handelt sich also um ein Verfahren zur Simulation des Übertragungsverhaltens von opto-elektronischen Verbindungen, wobei der Sender oder der Empfänger (oder natürlich beide) durch mindestens zwei optischen Aus- bzw. Eingänge
25 und die optische Leitung durch entsprechende Vielpole dargestellt wird, bei denen die Richtung und die räumliche Verteilung der emittierten bzw. empfangenen Strahlung berücksichtigt wird.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung, welche in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen die Erfindung an Hand eines Ausführungsbeispiels erläutert.

5 Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Es zeigen

- Fig. 1 den Aufbau einer nachzubildenden Anordnung,
- Fig. 2a das bevorzugte Modell für den Sender,
- Fig. 2b das bevorzugte Modell für den Empfänger,
- 10 Fig. 3 ein den Aufbau nach Fig. 1 nachbildendes elektrisches Netzwerk,
- Fig. 4a eine Anordnung zur Bestimmung der Eigenschaften des Senders,
- Fig. 4b eine Anordnung zur Bestimmung der Eigenschaften
- 15 des Empfängers.

Beschreibung einer Ausführungsform der Erfindung

In Fig. 1 ist eine nachzubildende Anordnung zweidimensional dargestellt. Ein elekto-optischer Sender 10 hat einen elektrischen Anschluß 11. Bevorzugt werden hier vertikal emittierende Laserdioden eingesetzt, wie sie unter dem Kürzel
20 VCSEL (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laserdiodes) allgemein bekannt sind. Aber auch andere optische Quellen (z.B. Kantenemitter, LED, etc) können hier eingesetzt werden und modelliert werden. Aus diesem Sender tritt ein Strahlbün-

del, hier durch Strahlen S1, S2, S3 und S4 dargestellt, aus und trifft auf die Eingangsfläche 22 eines Lichtleiters 20. Die in den Lichtleiter eintretenden Strahlen, die durch die Linien symbolisiert sind, werden nach dem Prinzip des Lichtleiters an dem Rand durch Totalreflektion reflektiert und ggf. durch Rauigkeiten gestreut und treten am Ende des Lichtleiters aus der Austrittsfläche 23 aus, im Falle von Lichtstreuungen kann auch ein Eingangsstrahl zu mehreren Ausgangsstrahlen führen. Sie treffen dann auf einen Empfänger 30, der wiederum einen elektrischen Anschluß 32 hat, an dem ein Signal entsteht, welches den auf den Empfänger 30 in den Segmenten E1, E2, E3, En-1, En treffenden optischen Leistungen entspricht.

In Fig. 1 ist bereits angedeutet, daß der Empfänger für die Zwecke der Erfindung als aus Einzelementen zusammengesetzt gedacht ist. Da die Fig. 1 eine zweidimensionale Projektion ist, ist im tatsächlich verwendeten Modell der Empfänger eine Fläche, die in Teilflächen aufgeteilt ist. Diese Aufteilung ist bevorzugt eine Kachelung mit quadratischem Raster, wie sie in Fig. 2b in perspektivischer Darstellung angedeutet ist.

Während der Empfänger bevorzugt durch eine planare Kachelung modelliert wird, ist beim Sender, wie in Fig.1 und Fig. 2a angedeutet, eine Aufteilung bevorzugt, bei der Strahlenbündel von einem gemeinsamen Zentrum ausgehen.

Diese Modellierung entspricht der Tatsache, daß die zur Zeit bevorzugten Sender eine im Verhältnis zum Durchmesser des Lichtleiters kleine Emissionsfläche haben, die damit im Modell punktförmig gedacht wird. Aber auch Flächenstrahler (mit ebenen und beliebig gekrümmten Flächen), bei denen die

einzelnen Strahlen nicht von einem gemeinsamen Punkt ausgehen, können mit dem Verfahren modelliert werden.

Die Empfänger hingegen haben eine wesentlich größere Empfangsfläche, weil die Empfindlichkeit mit der Fläche steigt. Diese Fläche ist optimal nur wenig größer als die Austrittsfläche des Lichtleiters. Da der Empfänger bevorzugt ein planares Element ist, wird es dicht an die Austrittsfläche positioniert; der Abstand ist in Fig. 1 der Übersichtlichkeit halber übertrieben groß dargestellt.

10 In Fig. 3 ist ein elektrisches Ersatzschaltbild dargestellt, das der einfachsten Anordnung entspricht. Dabei ist das elektrische Netzwerk in drei Bereiche A, B und C unterteilt, wobei A dem Sender, B der Leitung und C dem Empfänger entspricht.

15 Im Bereich A sind Eingangsklemmen I vorhanden, die dem elektrischen Anschluß des Senders entsprechen. Sie führen zu dem elektrischen Modell einer Sendediode SD, das die elektrischen Eigenschaften am Eingang I, insbesondere die Impedanz, in bekannter Art nachbildet. Eine genaue Darstellung ist den Lehrbüchern über elektrische Netzwerke und den
20 Datenblättern der jeweiligen Dioden zu entnehmen. Der durch die Diode SD fließende Strom steuert gemäß Steuerkennlinien die Spannungsquellen U1 und U2. Dies ist in Fig. 3 durch die zwei Pfeile von der Diode SD zu den Spannungsquellen U1 und U2 dargestellt. Die optische Sende-Intensität wird da-
25 bei durch die Spannung an den Spannungsquellen U1 und U2 dargestellt. In der Regel werden mehr als zwei Spannungsquellen vorhanden sein; es ist jedoch auch möglich, mit nur zweien zu arbeiten, wenn die abgestrahlte optische Leistung
30 in nur zwei Raumbereiche beschrieben werden soll.

Die Eingangsfläche des durch den Bereich B modellierten Lichtleiters ist im Modell in zwei Bereiche unterteilt, die durch die Eingangswiderstände R_{11} und R_{12} dargestellt sind. Diese dienen insbesondere der Modellierung der Übergangs-
5 verluste beim Eintritt in den Lichtleiter.

Analog sind Ausgangs-Stromquellen S_{21} und S_{22} vorgesehen, deren Strom über die Koppelfaktoren K_{11} , K_{12} , K_{21} und K_{22} von den Strömen durch die Eingangswiderstände R_{11} und R_{12} bestimmt sind. Die Koppelfaktoren werden bevorzugt durch
10 Strahverfolgung bestimmt.

Im Bereich C von Fig. 3 ist der opto-elektrische Empfänger modelliert. An seinen hier zwei, in praktischer Anwendung entsprechend der gewählten Kachelung mehreren, Eingangsklemmen (-Paaren) werden die Ströme aus den Stromquellen
15 S_{21} und S_{22} eingeprägt und erzeugen in den Empfängern E_1 und E_2 Signale, die durch die angedeuteten Pfeile in ein Photoelement PE eingekoppelt werden. Das Photoelement ist in der Regel eine Photodiode, deren Eigenschaften auf elektrischer Seite in bekannter Art durch ein entsprechendes
20 Netzwerk modelliert werden. Damit entsteht ein elektrisches Signal am elektrischen Ausgang O.

Mit den Mitteln der allseits bekannten Analyse und Simulation kann nun die Übertragungsfunktion der gesamten Übertragungsstrecke bestimmt werden.

25 Dabei ist aus der Theorie der elektrischen Netzwerke hinlänglich bekannt, wie ggf. Stromquellen durch Spannungsquellen ersetzt werden können und wie sich dann die Parameter transformieren. Auch ist bekannt, wie bei gemessenen oder, im Fall der Strahlverfolgung, berechneten Teil-

Übertragungsfaktoren die bevorzugt durch Matrizen darstellen Teil-Übertragungsfunktionen bestimmt und daraus eine Gesamt-Übertragungsfunktion berechnet werden kann. Hierbei werden auch bevorzugt Digitalrechner eingesetzt, insbesondere mit dem als Standard etablierten Software-Paket SPICE in seinen verschiedenen Varianten, für das eine Vielzahl von Veröffentlichungen verfügbar ist.

Für die Übertragungsfunktion des Lichtleiters wird bevorzugt die Methode der Strahlspurberechnung (engl. 'ray tracing') verwendet, deren Anwendung auf Lichtleiter u.a. dem oben angeführten Dokument von Bierhoff et.al. entnommen werden kann. Dies ist im Prinzip ein Problem der geometrischen Optik, dessen Lösung als allgemein zugänglich bezeichnet werden kann. Diese Lösung ist deshalb problemlos möglich, weil die Eingangsstrahlen in der Raumrichtung bestimmt sind und die Transferfunktion als, ggf. zeitlich abhängiger, durch die am bezogenen Austrittspunkt austretenden Intensität zur Eingangsintensität bestimmt werden kann. Mit Hilfe der so berechneten Werte kann, wie aus der Theorie der linearen elektrischen Netzwerke bekannt, die Transfermatrix berechnet werden. Die Bestimmung der Transferfunktionen durch andere numerische Verfahren oder durch Messung ist ebenfalls möglich.

Die Zuordnung der Ein- bzw. Ausgangskanäle zu Abstrahlrichtungen und damit zu Strahlkegeln im Raum ist meßtechnisch relativ gut zu bewältigen. In Fig. 4a ist eine entsprechende Anordnung skizziert. Die Sendediode wird konstant oder gepulst beaufschlagt; im letzteren Fall wird während der Ein- und Ausschaltphasen gemessen. Zur Messung dient ein auf eine dünne Spitze ausgezogene Lichtleitfaser, die im

wesentlichen nur die achsenparallel an ihrer Spitze ein-
treffenden Lichtsignale aufnimmt und an einen am dickeren
Ausgang angeordneten Lichtdetektor übergibt, dessen Aus-
gangssignal gemessen wird. Diese Lichtleitfaser wird über
5 eine aus der Robotertechnik bekannte Einrichtung im Raume
derart in verschiedene Positionen gesteuert, daß die Achse
der Spitze der Lichtleitfaser in Richtung auf das Zentrum
der Diode gerichtet ist und ein vorbestimmter Abstand davon
eingestellt ist. Damit kann die räumliche Verteilung gemes-
10 sen und, gegebenenfalls nach Zusammenfassung benachbarter
Strahlen, bestimmt werden. Damit ergeben sich die Steuer-
kennlinien im Innern des Modells der Diode, wie sie in Fig.
3 durch die zwei Pfeile zwischen dem Strom durch SD und der
Spannung U_1 bzw. U_2 dargestellt werden. Alternativ zu der
15 Bewegung der Meßsonde kann selbstverständlich in kinemati-
scher Umkehr auch die Diode gedreht und gekippt werden.
Wenn mit hinreichender Genauigkeit davon ausgegangen werden
kann, daß die Strahlintensitäten axial-kegelsymmetrisch
sind, genügt eine entsprechende Rotation der Diode um eine
20 Achse, die senkrecht zur Symmetrieachse der Diode durch den
im wesentlichen punktförmigen Emissionsfleck geht.

Für die Messung der Eigenschaften des Empfängers wird eine
ähnliche Anordnung nach Fig. 4b verwendet. Hierbei wird le-
diglich die Meßeinrichtung relativ zu der Empfangsdiode
25 transversal, also in kartesischen Koordinaten gerastert,
verschoben.

Es ist jedoch auch vorgesehen, alle konzentrisch gelegenen
Raumrichtungen zusammenzufassen und damit eine Kegelhülle
zu verwenden. Dies hat den Vorteil, daß nur relativ wenige
30 dieser Kanäle notwendig sind; vorzugsweise sind dies drei

Kanäle: Einen für den zylinder- oder kegelförmigen Zentralstrahl, den dritten für alle Signale mit großem Einfallswinkel und einen zweiten für den dazwischen liegenden Anteil. Allerdings kann damit nicht ein radialer Versatz des
5 | Senders bzw. Empfängers berücksichtigt werden.

Die bisherige Beschreibung hat zur besseren Verdeutlichung insbesondere für die optische Übertragungsstrecke ein Modell mit konzentrierten Elementen verwendet. Selbstverständlich kann jedes Modell, das ein Simulator benutzen
10 kann, auch für die optische Übertragungsstrecke eingesetzt werden. Solche sind beispielsweise Modell für elektrische Wellenleiter oder Modelle der verzögerten Stromkopplung. Bevorzugt eingesetzt wird das in dem in der Einleitung erwähnten Artikel beschriebene Modell, das eine Faltungsalge-
15 bra verwendet und gleichfalls in Simulatoren verfügbar gemacht werden kann. Ferner kann auch die Berechnung der Übertragungseigenschaften durch das Modell der finiten Elemente erfolgen, auch wenn dies zur Zeit wegen des hohen Rechenbedarfs nicht generell attraktiv ist.

20 Die bisherige Beschreibung ging implizit davon aus, daß zur Modellierung ein Computerprogramm für die Simulation von elektrischen Schaltkreisen Verwendung findet. Selbstverständlich kann das Verfahren auch angewendet werden, indem das Netzwerk durch entsprechende elektrische Schaltungen,
25 in der Regel nach Transformation in einen passenden Zeit- und Frequenzbereich, nachgebildet wird. Ein Beispiel für einen solchen Simulator ist unter der Bezeichnung "Analogrechner" hinreichend bekannt und beschrieben.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Bestimmung des Übertragungsverhaltens von opto-elektronischen Verbindungen, bei denen ein elektro-optischer Sender über einen optischen Leiter mit einem opto-elektrischen Empfänger verbunden ist, und bei der die Bestimmung des Übertragungsverhaltens durch Berechnung von oder Messung an einem die Verbindung simulierenden elektrischen Netzwerk erfolgt, in dem das Sender-Teilmodell über ein Teilmodell der optischen Übertragungsstrecke mit dem Empfänger-Teilmodell verbunden ist,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Sender-Teilmodell und das Empfänger-Teilmodell eine dem elektrischen Anschluß entsprechende Klemme und mindestens zwei, den optischen Aus- bzw. Eingängen entsprechenden Klemmen aufweisen, die das Abstrahlverhalten des Senders und die Empfangs-Charakteristik des Empfängers darstellen,
daß das Leiter-Teilmodell am Eingang sovielen Klemmen aufweist wie das Sender-Teilmodell an seinem Ausgang und am Ausgang sovielen Klemmen aufweist wie das Empfänger-Teilmodell an seinem Eingang,
und daß die Abstrahl-Komponenten bzw. Empfangskomponenten durch die räumlichen Verteilung der optischen Signale bestimmt sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Abstrahlverhalten des Senders durch eine Aufteilung in von einem Strahlzentrum ausgehende sterische Lichtbündel und die Empfangs-Charakteristik durch eine Kachelung einer Empfangs-Ebene gewonnen werden.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei das Teilmodell der optischen Übertragungsstrecke durch Strahlspurenberechnung gewonnen wird.
4. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei das Teilmodell der optischen Übertragungsstrecke durch Messung bestimmt wird.
5. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei das das Teilmodell der optischen Übertragungsstrecke durch andere numerische Verfahren berechnet wird.
6. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Sender- bzw. Empfänger-Teilmodelle bezüglich der räumlichen Verteilung durch Messung mit einem angenähert punktförmigen Sensor bzw. Emitter, der im Strahl- bzw. Empfangsbereich räumlich bewegt wird, gewonnen werden.
7. Verfahren zu Bestimmung des Übertragungsverhaltens von opto-elektronischen Verbindungen, bei denen ein elektro-optischer Sender über einen optischen Leiter mit einem opto-elektrischen Empfänger verbunden ist, und die Bestimmung durch Berechnung oder Messung an einem rein elektrischen Netzwerk erfolgt,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß das vom Sender in Abhängigkeit von dem zugeführten elektrischen Signal abgestrahlte optische Signal in mindestens zwei Abstrahl-Komponenten räumlich quantisiert bestimmt wird,
daß das vom Empfänger abgegebene elektrische Signal als Funktion der in mindestens zwei Empfangs-Komponenten räumlich quantisierten optischen Sensitivität bestimmt wird,

daß die dem Sender zugewandte Eintrittsfläche des optischen Leiters in Eintritts-Teilflächen aufgeteilt wird, die den Abstrahl-Komponenten des Senders entsprechen, daß die dem Empfänger zugewandte Austrittsfläche des optischen Leiters in Austritts-Teilflächen aufgeteilt wird, die den Empfangs-Komponenten des Empfängers entsprechen,

daß die Übertragungsfunktion des Lichtleiters von den Eintritts-Teilflächen zu den Austritts-Teilflächen bestimmt wird,

und daß die so bestimmten Funktionen verknüpft in einen Simulator für elektrische Schaltkreise eingegeben werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Abstrahl-Komponenten des Senders durch eine Aufteilung in von einem Strahlzentrum ausgehende sterische Lichtbündel und die Empfangs-Komponenten durch eine Kachelung einer Empfangs-Ebene gewonnen werden.

9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Abstrahl-Komponenten des Senders (Flächenstrahler) durch eine Aufteilung in von mehreren Quellpunkten ausgehenden Lichtstrahlen und die Empfangs-Komponenten durch eine entsprechende Kachelung einer Empfangs-Ebene gewonnen werden.

10. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Übertragungsfunktion der optischen Übertragungsstrecke durch Strahlspurenberechnung gewonnen wird.

11. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Übertragungsfunktion der optischen Übertragungsstrecke durch Messungen gewonnen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Übertragungsfunktion der optischen Übertragungsstrecke durch beliebige numerische Verfahren gewonnen wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei
5 der die Sender- bzw. Empfänger-Übertragungsfunktionen bezüglich der räumlichen Verteilung der emittierten optischen Leistung durch Messung mit einem angenähert punktförmigen Sensor bzw. Emitter, der im Strahl- bzw. Empfangsbereich räumlich bewegt wird, gewonnen werden.
- 10 14. Einrichtung zu Bestimmung der Abstrahl-Komponenten für einen Lichtsender mit einem Strahlzentrum, wobei ein Meß-Lichtleiter derart im Raum positioniert wird, daß seine Austrittsachse bei jeder Messung zum Strahlzentrum zeigt und jeweils gleichen Abstand hat.
- 15 15. Einrichtung zur Bestimmung der Empfangs-Komponenten für einen Lichtempfänger, wobei ein Meß-Lichtleiter über der Oberfläche des Lichtempfängers transversal derart verschoben wird, daß der Abstand zur Oberfläche des Lichtempfängers gleich bleibt.

Zusammenfassung

Simulation des Übertragungsverhaltens von optoelektronischen Verbindungen, wobei der Sender oder der Empfänger durch mindestens zwei optischen Aus- bzw. Eingänge und die optische Leitung durch entsprechende Vielpole dargestellt wird, bei denen die räumliche Verteilung der emittierten bzw. empfangenen optischen Strahlung berücksichtigt wird.

Fig. 1

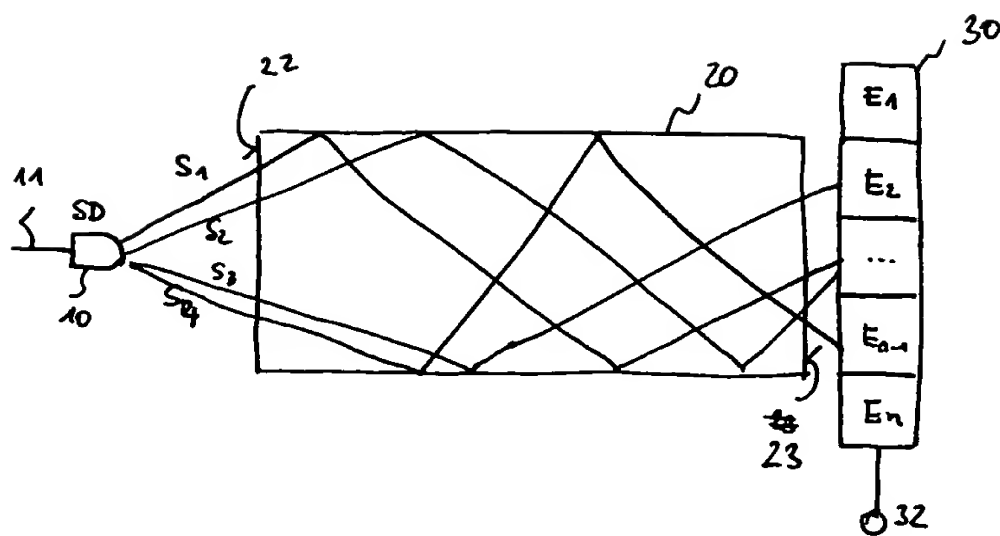


Fig. 1

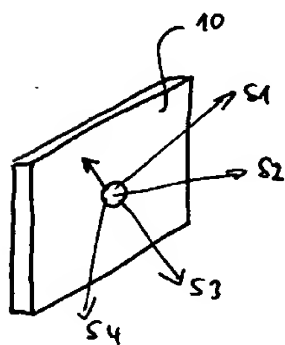


Fig. 2a

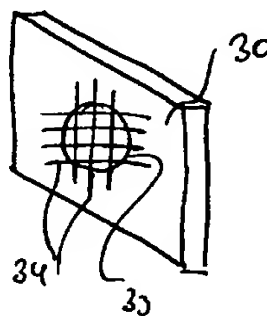


Fig. 2b

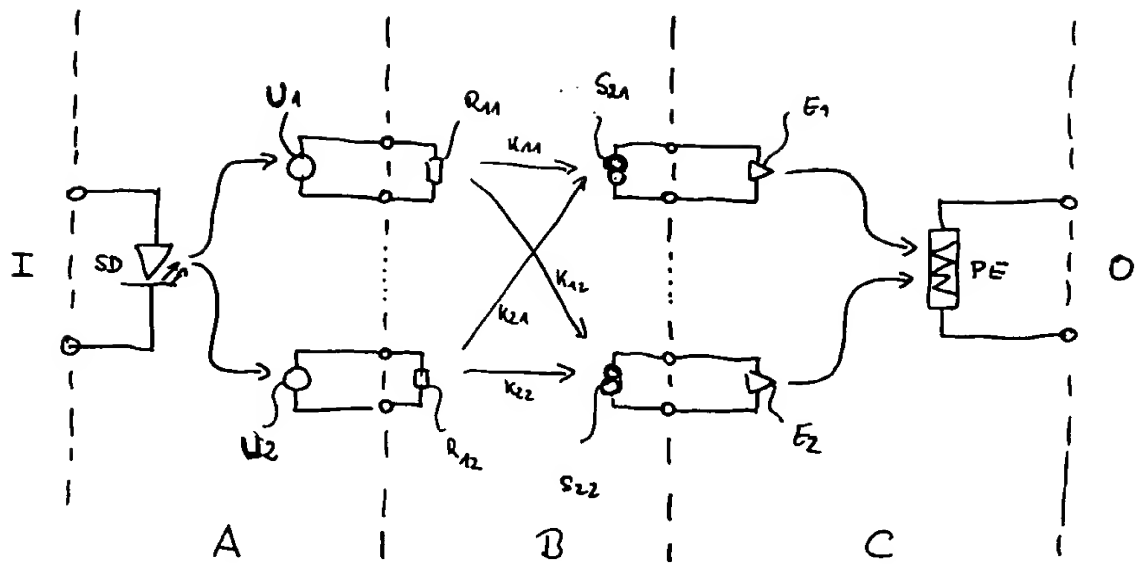


Fig. 3

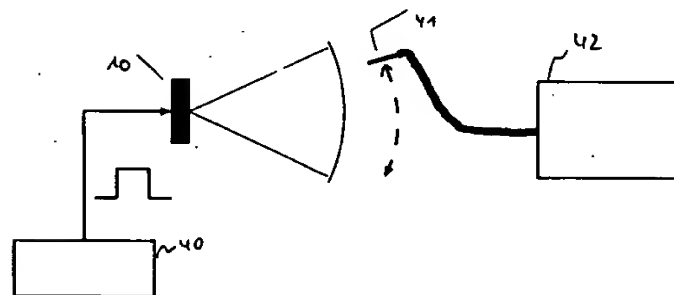


Fig. 4a

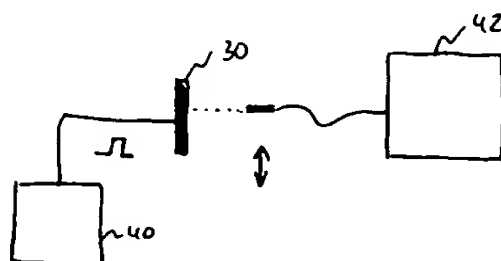


Fig. 4b

Zusammenfassung

